

4 ПРОЦЕССЫ И ЗАДАЧИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Процесс ТЭ на стадии ЖЦ можно представить как последовательную смену деградационных и управляющих воздействий.

При этом на систему действуют три процесса: деградационный, понижающий работоспособность системы, поддерживающий работоспособность на определенном уровне и восстанавливающий работоспособность после наступления отказа. Процесс, поддерживающий работоспособное состояние, может быть также представлен частью восстанавливающего процесса. Процессы деградационные являются существенно вероятностными. Процессы восстанавливающие - часто бывают организованными и содержат детерминированную составляющую, определяемую, например, периодичностью проведения работ по ТО.

С точки зрения потребителя РЭС интерес представляют два состояния: $S_0(t)$ с вероятностью пребывания $P_0(t)$, в котором система может использоваться по своему назначению, $S_1(t)$ с вероятностью $P_1(t)$ - система использоваться по своему назначению не может. Граф переходов такой системы показан на рис. 1.8,а.

Матрица переходов

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1-\lambda & \lambda \\ \mu & 1-\mu \end{pmatrix}$$

Конечно-разностное уравнение, описывающее состояние системы,

$$\begin{aligned} P_0(t+dt) &= P_0(t)(1-\lambda dt) + P_1(t)\mu dt + 0(dt), \\ P_0(t) + P_1(t) &= 1. \end{aligned}$$

Решение

$$\begin{aligned} P_0(t) &= \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \\ P_1(t) &= \frac{\lambda}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \end{aligned}$$

Вероятность $P_s(t)$ пребывания системы в состоянии готовности к функциональному применению называется функцией готовности. При больших значениях t второй член уравнения стремится к нулю и вероятность:

$$P_s(t) \rightarrow K_r = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{T_0}{T_0 + \tau_e}$$

оказывается равной коэффициенту готовности - одному из комплексных показателей надежности системы.

Процесс восстановления работоспособного состояния системы во времени можно рассматривать как повышение безотказности изделия - увеличение вероятности безотказной работы. Для этого процессу восстановления должно предшествовать обновление РЭС за счет профилактических замен изношенных дефектных элементов.

Другим комплексным показателем надежности является коэффициент оперативной готовности $K_{ог} = p(t)K_r$ - вероятность того, что изделие окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени (кроме планируемых периодов неприменения) и начиная с этого момента будет безотказно работать в течение заданного t времени.

Восстановительные работы на системе, как указывалось выше, могут состоять из работ по ТО работоспособного, хотя и неисправного изделия и ремонта отказавшего изделия. Пребывание изделия в этих состояниях учитывается и оценивается с помощью еще одного комплексного показателя надежности - коэффициента технического использования - $K_{ти}$. В общем случае $K_{ти}$ - отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания изделий в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

Выражение для $K_{ти}(t)$ можно получить из простого графа состояний (рис. 1.9,а) путем составления системы из трех уравнений:

$$\begin{aligned}\dot{P}_0(t) &= -P_0(\lambda + \nu) + P_1\mu_e + P_2\mu_{TO}, \\ \dot{P}_1(t) &= -P_1\mu_e + P_0\lambda, \\ P_1(t) + P_2(t) + P_0(t) &= 1.\end{aligned}$$

Для $t \rightarrow 0$ с учетом стационарности наблюдаемого случайного процесса:

$$K_{ти} = \frac{T_0}{T_0 + \tau_B + \tau_{TO}(T_0 / T_{TO})}$$

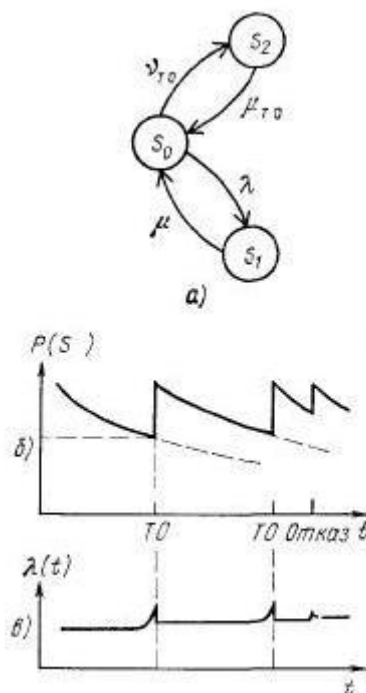


Рисунок 1.9 - Изменения состояний РЭС при восстановлении и обслуживании: а) ориентированный граф; б) вероятности безотказной работы; в) параметр потока отказов

Выражение для $K_{ти}$ определяет вероятность пребывания изделия РЭС в работоспособном состоянии - готовности изделия к функциональному применению.

В процессе технического обслуживания также должно осуществляться полное или частичное обновление системы, что зафиксировано на графиках рис. 1.9,б и в зависимостях $p(t)$ и $k(t)$.

Однако, в современных сложных РЭС отказ элемента или РЭУ не всегда ведет к отказу системы и с этой точки зрения является дефектом. В процессе эксплуатации возникает необходимость выявления дефектов и предотвращения отказов. Эффективность этого процесса можно характеризовать вероятностью отсутствия дефекта в произвольный момент времени при нахождении РЭС в рабочем состоянии - коэффициентом отсутствия дефектов;

$$K_{од} = \lim_{t \rightarrow \infty} P_k(t)$$

Где P_k - представляется суммарной вероятностью пребывания РЭС в подмножестве K состояний, включающем в себя все ситуации, когда в рабочем режиме отсутствуют дефекты.

Как видно из изложенного, готовность РЭС к функциональному использованию определяется его параметрами безотказности и ремонтпригодности, характеризующими, в конечном счете, возможность целенаправленного управления его техническим состоянием.

Управление состоянием - главный процесс технической эксплуатации. Таким образом, задачи технической эксплуатации РЭС могут быть определены следующим образом: парировать деградационные процессы; не допускать возникновения отказов; восстанавливать изделие при возникновении отказа или предпосылки к такому, оценивать состояние изделия; поддерживать пребывание системы в состоянии готовности; определять потребности изделия в и своевременно его выполнять; минимизировать затраты по техническому обслуживанию и ремонту.

Обслуживание и восстановление РЭС осуществляется в системе технического обслуживания и ремонта СТОиР, под которой понимают совокупность взаимосвязанных средств, документации ТОиР, и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему.

Система технического обслуживания и ремонта по своему составу и структуре относится к классу больших организационно-технических систем, которые также называют эрготехническими и реже антропогенными системами.

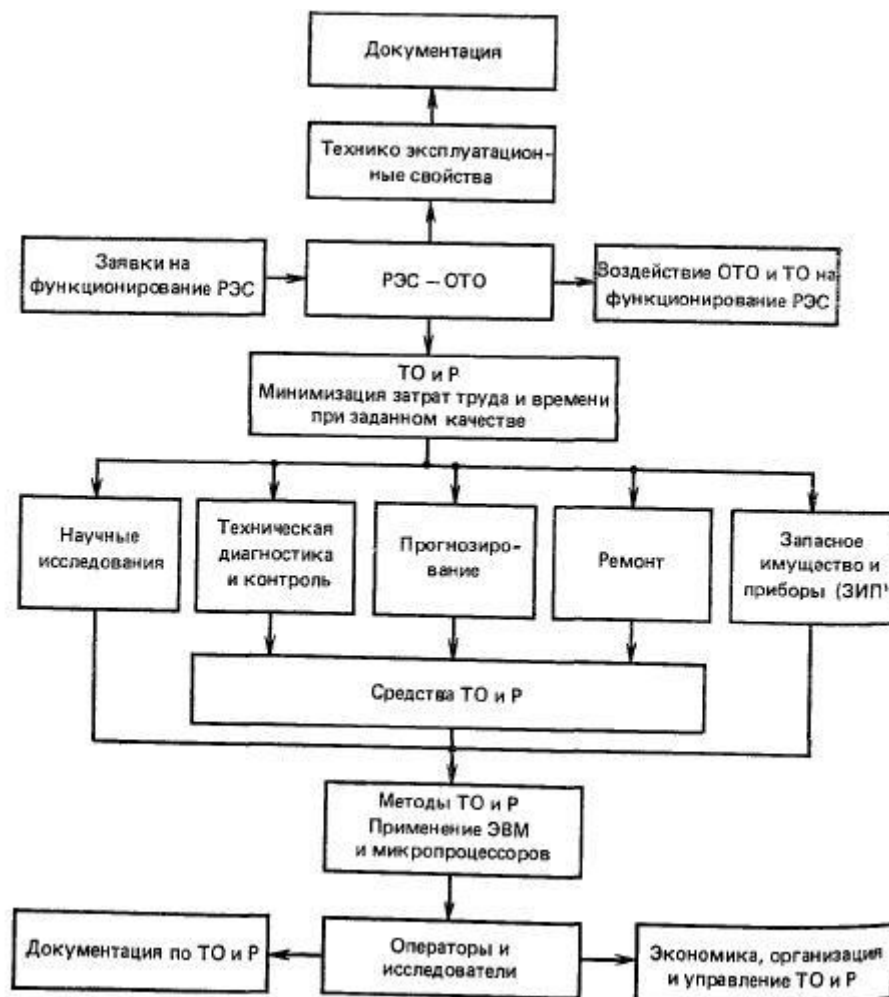


Рисунок 1.10 - Система технического обслуживания и ремонта РЭС

Структурная схема СТОиР приведена на рис. 1.10. В соответствии с определением в нее входят:

- объект технического обслуживания (ОТО)-изделие, обладающее потребностью в определенных операциях ТО (ремонта) и приспособленностью к выполнению этих операций;
- средства ТОиР - средства технологического оснащения и сооружения, предназначенные для выполнения ТОиР, включающие в свой состав средства диагностики и контроля (СрДК), настройки и регулировки, восстановления и ремонта;
- нормативно-техническая документация, определяющая нормы и требования к параметрам функционального использования, техническим и эксплуатационным, а также правила и порядок выполнения работ по ТОиР.

В состав средств ТОиР входит комплект ЗИП - запасные части, инструменты, принадлежности и материалы, необходимые для ТОиР изделий и скомплектованные в зависимости от его состава, структуры, элементной базы и особенностей использования.

Кроме того, в систему входят исполнители - квалифицированные инженерно-технические кадры, подготовленные для выполнения операций по ТОиР. В аспекте расширения внедрения автоматизированных и автоматических систем управления производством исполнители - люди могут заменяться автоматами, а НТД соответствующими программами. Но на высшей ступени иерархии управления СТОиР все-таки остается человек.

В процессе технической эксплуатации все время меняется состояние изделия РЭС. Причем чем сложнее объект ТОиР, тем более сложной является сама система ТОиР, ее составляющие и тем больше состояний, в которых пребывает объект.

Системообразующим параметром СТОиР является состояние работоспособности S_p - объекта - изделия РЭС. Целевая функция процесса ТО - управление состоянием для поддержания работоспособности или исправности объекта на стадии эксплуатации - $S_{PH} < SP(t) < S_{PB}$, где S_{PH} и S_{PB} - нижнее и верхнее значения предельных состояний, характеризующих работоспособность.

Система правил управления техническим состоянием изделия в процессе ТО (ремонта) называется стратегией технического обслуживания (ремонта). Документом, устанавливающим стратегии, количественные характеристики видов ТОиР, порядок их корректировки на протяжении ресурса (срока службы), является программа технического обслуживания и ремонта.

Свойство системы ТОиР выполнять функции по поддержанию и восстановлению исправности или работоспособности изделий с

определенными затратами времени, труда и материальных средств носит название "эффективность системы технического обслуживания и ремонта".

Различают два основных вида стратегии ТОиР - по наработке и по состоянию.

Стратегия ТО по наработке (ТОН) - определяется как система правил управления техническим состоянием, согласно которой перечень и периодичность выполнения операций зависят от значений наработки изделия с начала эксплуатации или после ремонта. При этой стратегии для всего парка однотипных изделий предусматриваются единые перечень и периодичность операций ТО, в том числе замен элементов с определенной наработкой, независимо от фактической потребности в них каждого объекта. Эту стратегию целесообразно применять для изделий РЭС, имеющих тенденцию к существенному росту параметра потока отказов (или интенсивности отказов) после определенной наработки. Схема процесса ТО по наработке представлена на рис. 1.11.

Основными составляющими процесса являются:

- 1) вывод изделия из функционального использования (демонтаж) характеризуется временем выполнения работ - $t_{\text{ДМР}}$;
- 2) операции диагностирования и контроля по определению технического состояния - его работоспособности или других видов состояния;
- 3) операции по замене элементов и проведению других восстановительных работ характеризуются t_3 и эффективностью программы замен;



Рисунок 1.11 - Алгоритм процесса по наработке



Рисунок 1.12 - Алгоритм процесса по состоянию

4) операции по настройке и регулировке, включая операции по стимулированию работы изделия и программного управления процессом регулировки, - $t_{\text{рбг}}$;

5) операции по контролю обслуженной аппаратуры на соответствие НТП характеризуются временем диагностики и контроля - $t_{\text{дк}}$;

6) Операции монтажа и проверки изделия перед функциональным использованием - $t_{\text{МПК}}$.

Необходимо отметить, что на ТО может попасть исправная ап-паратура, аппаратура работоспособная, но имеющая повреждения, грозящие' перерасти в отказ, аппаратура неработоспособная, но функционирующая. Для последнего состояния по результатам ди-агностирования и контроля в соответствии с программой замен и текущего ремонта назначаются дополнительные работы по замене и дополнительные работы по регулировке. В процессе диагностирования и контроля устанавливается место отказа или повреждения.

Стратегия технического обслуживания по состоянию (ТОС) характеризуется тем, что перечень и периодичность операций определяются фактическим техническим состоянием изделия в момент начала ТО.

При реализации стратегии ТОС перечень и периодичность операций по ТО, в том числе замены изделия или его элементов, назначаются по результатам контроля технического состояния каждого объекта. Контроль может быть

непрерывным или периодическим, его периодичность устанавливается либо единой для парка изделий, либо назначается для каждого изделия по результатам прогнозирования его технического состояния.

Операции замены, регулировки, текущего ремонта назначаются при обнаружении неработоспособного состояния изделия или его предотказового состояния. В НТД на изделие устанавливаются значения параметров, характеризующих предотказное состояние.

Применение этой стратегии целесообразно только при реализации высокой степени безотказности и контролепригодности изделия, значения наработок до отказов элементов которого имеют значительный разброс. Обязательным условием применения стратегии ТОС является отсутствие последствий отказа при его возникновении. Если отказ РЭС может вызвать катастрофу или аварию в окружающих условиях, стратегию ТОС применять нельзя.

Структура процесса ТО изделий по стратегии ТОС представлена на рис. 1.12. Основными операциями стратегии ТОС являются:

- контроль технического состояния изделий на месте функционального использования;
- определение объема работ по ТО;
- настройка и регулировка, а месте функционального использования;
- перевод в режим ТО при обнаружении отказа или предотказового состояния, которое возможно устранить путем регулировки;
- диагностирование с целью локализации места повреждения;
- восстановление изделия контроль состояния на соответствие НТП;
- монтаж и проверка изделий перед функциональным использованием.

Как следует из приведенного перечня, объем выполняемых работ по ТО изделий целиком определяется результатами диагностики и контроля.

На рисунке 1.13 приведены зависимости объемов работ стратегий ТОН и ТОС от периодичности результатов диагностирования.

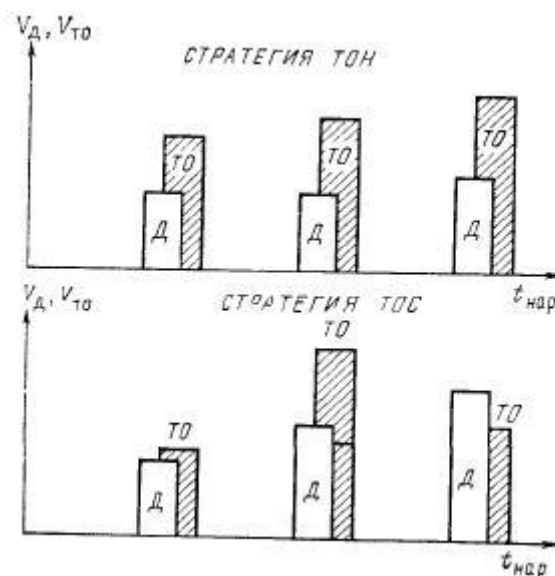


Рисунок 1.13 - Зависимость объемов работ по диагностированию

Количественный сопоставительный анализ эффективности стратегий ТОИ и ТОС может быть произведен путем вычисления и сравнения значений коэффициента технического использования изделий.

При стратегии ТОИ с периодичностью $T_{ТО}$ осуществляют техническое обслуживание изделия в течение времени $\tau_{ТО}$ (периодичность $T_{ТО}=T$) заданной наработки изделия. В случае возникновения отказа изделие восстанавливается за время $\tau_{в}$. Если принять, что вероятность безотказной работы меняется по экспоненциальному закону $P(t)=\exp(-t/T_0)$, выражение для коэффициента технического использования принимает вид:

$$K_{ТИ} = \frac{T_0[1 - \exp(-T/T_0)]}{(T_0 + \tau_{в})[1 - \exp(-T/T_0)] + \tau_{ТО} \exp(-T/T_0)}$$

Контрольные вопросы к 4 разделу

1. Дать характеристику деградационному процессу.
2. Что называется функцией готовности?
3. Характеристика главного процесса технической эксплуатации.
4. Какие два основных вида стратегии ТОиР вы знаете? Дайте краткую характеристику.